

5

Hochdruckpumpe, insbesondere für eine  
Kraftstoffeinspritzeinrichtung einer Brennkraftmaschine

Stand der Technik

10

Die Erfindung geht aus von einer Hochdruckpumpe, insbesondere für eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung einer Brennkraftmaschine nach der Gattung des Anspruchs 1.

15

Eine solche Hochdruckpumpe ist durch die DE 198 60 672 A1 bekannt. Diese Hochdruckpumpe weist wenigstens ein Pumpenelement auf mit einem in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben, der einen Pumpenarbeitsraum begrenzt. Beim Saughub des Pumpenkolbens wird über ein

20

Einlassventil Kraftstoff aus einem Kraftstoffzulauf angesaugt und beim Förderhub des Pumpenkolbens wird über ein Auslassventil Kraftstoff aus dem Pumpenarbeitsraum verdrängt. Das Einlassventil weist ein Ventilglied mit einer zu seiner Längsachse geneigten Dichtfläche auf, mit

25

der dieses mit einem in einem Ventilgehäuse angeordneten Ventilsitz zusammenwirkt. Das Auslassventil weist ein kugelförmiges Ventilglied auf, das mit einem in einem Ventilgehäuse angeordneten Ventilsitz zusammenwirkt. Durch das jeweilige Ventilglied wird in geöffnetem Zustand, wenn dieses mit seiner Dichtfläche vom Ventilsitz abgehoben ist,

30

zwischen dem Ventilglied und dem Ventilgehäuse ein Durchflussquerschnitt freigegeben. In geöffnetem Zustand des Ventils ist dabei der kleinste Durchflussquerschnitt zwischen dem Ventilglied und dem Ventilgehäuse im Bereich der Dichtfläche des Ventilglieds angeordnet, wodurch sich dort eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und entsprechend ein geringer statischer Druck im Bereich der Dichtfläche ergeben und infolgedessen nur eine geringe in

35

Öffnungsrichtung des Ventilglieds wirkende Kraft. Es können je nach Hub des Ventilglieds und Druckdifferenz sogar Kräfte in Schließrichtung auf das Ventilglied wirken. Zum Offenhalten des Einlassventils ist daher eine große Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffzulauf und dem Pumpenarbeitsraum erforderlich, was wiederum einen hohen Druck im Kraftstoffzulauf und damit eine entsprechend groß dimensionierte Förderpumpe zur Erzeugung dieses Drucks erfordert. Bei der Durchströmung des Einlassventils tritt darüberhinaus ein großer Druckverlust auf, wodurch die Befüllung des Pumpenarbeitsraums erschwert wird. Dieser Druckverlust entspricht der erforderlichen Druckdifferenz zur Befüllung des Pumpenarbeitsraums. Das Auslassventil neigt durch die entstehenden hydraulischen Kräfte zum Schwingen, so dass das Auslassventil ständig öffnet und schließt, wodurch das Betriebsverhalten der Hochdruckpumpe beeinträchtigt wird und eine hohe Belastung der Hochdruckpumpe infolge von im Pumpenarbeitsraum bei geschlossenem Auslassventil auftretenden Druckspitzen verursacht wird.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Hochdruckpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass zum Offenhalten des Einlassventils und/oder des Auslassventils nur eine geringe Druckdifferenz vor und nach dem Ventil erforderlich ist, da durch die Verlagerung des kleinsten Durchflussquerschnitts von der Dichtfläche weg nach außen sich im Bereich der Dichtfläche ein höherer statischer Druck ergibt, durch den eine große in Öffnungsrichtung auf das Ventilglied wirkende Kraft erzeugt wird. Der Druck im Kraftstoffzulauf kann dadurch relativ gering gehalten werden, was eine entsprechend kleiner dimensionierte Förderpumpe ermöglicht, und infolge der geringeren Druckverluste bei der Durchströmung des Einlassventils wird

die Befüllung des Pumpenarbeitsraums verbessert. Beim Auslassventil wird durch die Verlagerung des kleinsten Durchflussquerschnitts ein stabiles Öffnen sichergestellt, so dass die Belastung der Hochdruckpumpe verringert ist.

5

In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Hochdruckpumpe angegeben. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 2 ist die Anordnung des kleinsten Durchflussquerschnitts stromabwärts nach der Dichtfläche des Ventilglieds auf einfache Weise ermöglicht.

10

#### Zeichnung

15

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Hochdruckpumpe für eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung einer Brennkraftmaschine, Figur 2 ein Einlassventil der Hochdruckpumpe in vergrößerter Darstellung in einem Längsschnitt, Figur 3 eine modifizierte Ausführung des Einlassventils und Figur 4 ein Auslassventil der Hochdruckpumpe in einem Längsschnitt.

20

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

25

In Figur 1 ist eine Hochdruckpumpe 10 für eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung einer Brennkraftmaschine dargestellt, die vorzugsweise eine selbstzündende Brennkraftmaschine ist. Durch die Hochdruckpumpe 10 wird Kraftstoff unter Hochdruck in einen Speicher 12 gefördert, aus dem Kraftstoff zur Einspritzung an der Brennkraftmaschine entnommen wird. Der Hochdruckpumpe 10 wird durch eine Förderpumpe 14 Kraftstoff zugeführt. Die Hochdruckpumpe 10 weist wenigstens ein Pumpenelement 16 auf, das einen zumindest mittelbar durch eine Antriebswelle 18 der Hochdruckpumpe 10 in einer Hubbewegung angetriebenen

30

35

Pumpenkolben 20 aufweist. Der Pumpenkolben 20 ist in einer zumindest annähernd radial zur Antriebswelle 18 verlaufenden Zylinderbohrung 22 dicht geführt und begrenzt in dem der Antriebswelle 18 abgewandten äusseren Endbereich der Zylinderbohrung 22 einen Pumpenarbeitsraum 24. Die Antriebswelle 18 weist einen Nocken oder einen zu ihrer Drehachse 19 exzentrischen Wellenabschnitt 26 auf, über den bei der Drehbewegung der Antriebswelle 18 die Hubbewegung des Pumpenkolbens 20 bewirkt wird. Der Pumpenarbeitsraum 24 ist über ein in den Pumpenarbeitsraum 24 öffnendes, als Rückschlagventil ausgebildetes Einlassventil 30 mit einem Kraftstoffzulauf von der Förderpumpe 14 her verbindbar. Der Pumpenarbeitsraum 24 ist außerdem über ein aus dem Pumpenarbeitsraum 24 öffnendes, als Rückschlagventil ausgebildetes Auslassventil 32 mit einem Kraftstoffablauf zum Speicher 12 hin verbindbar. Beim Saughub bewegt sich der Pumpenkolben 20 in der Zylinderbohrung 22 radial nach innen, so dass das Volumen des Pumpenarbeitsraums 24 vergrößert wird. Beim Saughub des Pumpenkolbens 20 ist wegen der dabei bestehenden Druckdifferenz das Einlassventil 30 geöffnet, da von der Förderpumpe 14 ein höherer Druck erzeugt wird als der im Pumpenarbeitsraum 24 herrschende Druck, so dass von der Förderpumpe 14 geförderter Kraftstoff in den Pumpenarbeitsraum 24 angesaugt wird. Das Auslassventil 32 ist beim Saughub des Pumpenkolbens 20 geschlossen, da im Speicher 12 ein höherer Druck als im Pumpenarbeitsraum 24 herrscht.

Nachfolgend wird beispielhaft das Einlassventil 30 anhand der Figur 2 näher beschrieben. Das Einlassventil 30 ist beispielsweise in eine sich radial nach aussen an die Zylinderbohrung 22 anschliessende Bohrung 34 eines Gehäuseteils 36 der Hochdruckpumpe 10 eingesetzt. Die Bohrung 34 ist dabei im Durchmesser gegenüber der Zylinderbohrung 22 größer ausgebildet. Das Gehäuseteil 36 kann beispielsweise ein Zylinderkopf sein, der mit einem

anderen Gehäuseteil, in dem die Antriebswelle 18 gelagert ist, verbunden ist oder ein Gehäuseteil sein, in dem auch die Antriebswelle 18 gelagert ist. In die Bohrung 34 mündet nahe deren der Zylinderbohrung 22 zugewandtem Endbereich  
5 beispielsweise etwa radial zur Achse der Bohrung 34 ein Kraftstoffzulaufkanal 38, der mit der Förderpumpe 14 verbunden ist. Das Einlassventil 30 weist ein Ventilgehäuse 40 auf, in dem eine im Durchmesser mehrfach gestufte Bohrung 42 vorhanden ist. Die Bohrung 42 weist einen im  
10 Durchmesser kleinen Abschnitt 42a auf, einen sich an den Abschnitt 42a zum Pumpenarbeitsraum 24 anschließenden Abschnitt 42b mit größerem Durchmesser, einen sich an den Abschnitt 42b zum Pumpenarbeitsraum 24 hin anschließenden Abschnitt 42c und einen sich an den Abschnitt 42c zum  
15 Pumpenarbeitsraum 24 hin anschließenden Abschnitt 42d auf. Das Einlassventil 30 weist ein kolbenförmiges Ventilglied 44 auf, das mit einem zylindrischen Schaft 44a im Bohrungsabschnitt 42a verschiebbar geführt ist. Das Ventilglied 44 weist außerdem einen an den Schaft 44a  
20 anschließenden, im Durchmesser gegenüber dem Schaft 44a vergrößerten Kopf 46 auf, wobei am Übergang vom Kopf 46 zum Schaft 44a eine Dichtfläche 48 am Ventilglied 44 angeordnet ist. Die Dichtfläche 48 verläuft unter einem Winkel  $\gamma$  geneigt zur Längsachse 45 des Ventilglieds 44, derart, dass  
25 sich die Dichtfläche 48 der Längsachse 45 zum Schaft 44a hin annähert. Die Dichtfläche 48 ist vorzugsweise zumindest annähernd kegelstumpfförmig ausgebildet. An die Dichtfläche 48 anschließend kann der Kopf 46 des Ventilglieds 44 zumindest annähernd zylinderförmig ausgebildet sein. Der  
30 Kopf 46 des Ventilglieds 44 weist zum Pumpenarbeitsraum 24. Der Schaft 44a des Ventilglieds 44 ragt mit seinem dem Kopf 46 abgewandten Ende aus dem Bohrungsabschnitt 42a heraus und an diesem greift eine vorgespannte Schließfeder 43 an.

35 Im Ventilgehäuse 40 ist wenigstens ein Zulaufkanal 50 eingebracht, der in den Bohrungsabschnitt 42b mündet.

Vorzugsweise sind mehrere, beispielsweise drei über den Umfang des Ventilgehäuses 40 gleichmäßig verteilte Zulaufkanäle 50 vorgesehen. Der Bohrungsabschnitt 42c ist derart ausgebildet, dass sich dessen Durchmesser vom Bohrungsabschnitt 42b weg zum Bohrungsabschnitt 42d hin erweitert. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42c ist dabei vorzugsweise kegelstumpfförmig ausgebildet, kann jedoch auch beliebig anders geformt sein, beispielsweise konkav oder konvex gewölbt. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42c verläuft unter einem Winkel  $\alpha$  zur Längsachse 45 des Ventilglieds 44 geneigt. Der Neigungswinkel  $\alpha$  der Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42c ist vorzugsweise etwas größer als der Winkel  $\gamma$ , unter dem die Dichtfläche 48 des Ventilglieds 44 geneigt ist, kann jedoch auch etwas kleiner als der Winkel  $\gamma$  sein. Der Bohrungsabschnitt 42c bildet einen Ventilsitz, mit dem die Dichtfläche 48 des Ventilglieds 44 zusammenwirkt. In geschlossenem Zustand liegt das Ventilglied 44 mit seiner Dichtfläche 48 am Bohrungsabschnitt 42c an, wobei die Anlage der Dichtfläche 48 infolge der Differenz zwischen den Neigungswinkeln  $\alpha$  und  $\gamma$  an dem dem Bohrungsabschnitt 42b zugewandten Rand des Bohrungsabschnitts 42c erfolgt.

Der Bohrungsabschnitt 42d ist derart ausgebildet, dass sich dessen Durchmesser vom Bohrungsabschnitt 42c weg zum Pumpenarbeitsraum 24 hin vergrößert. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42d ist dabei vorzugsweise kegelstumpfförmig ausgebildet, kann jedoch auch beliebig anders geformt sein, beispielsweise konkav oder konvex gewölbt. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42d verläuft unter einem Winkel  $\beta$  zur Längsachse 45 des Ventilglieds 44 geneigt. Der Winkel  $\beta$ , unter dem die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42d zur Längsachse 45 geneigt verläuft ist dabei kleiner als der Winkel  $\alpha$ , unter dem die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 42c zur Längsachse 45 geneigt verläuft. Am Übergang zwischen den

Bohrungsabschnitten 42c und 42d ist vorzugsweise ein Freistich 42e vorgesehen, um eine einfache Herstellung der beiden Bohrungsabschnitte 42c und 42d mit den unterschiedlichen Neigungswinkeln  $\alpha$  und  $\beta$  zu ermöglichen.

5 Der Freistich 42e weist vorzugsweise eine zumindest annähernd parallel zur Längsachse 45 verlaufende Mantelfläche auf. Der Außendurchmesser des Kopfs 46 des Ventilglieds 44 ist etwas kleiner als der Durchmesser des Freistichs 42e, dass dieser mit der Kante am Übergang vom Kopf 46 zur Dichtfläche 48 in geschlossenem Zustand etwas  
10 in den Freistich 42e eintauchen kann. Durch den Freistich 42e wird somit eine Kollision zwischen dem Kopf 46 des Ventilglieds 44 und dem Ventilgehäuse 40 vermieden.

15 Durch die vorstehend beschriebene Ausbildung des Ventilgehäuses 40 mit den Bohrungsabschnitten 42c und 42d, deren Neigungswinkel  $\alpha$  und  $\beta$  unterschiedlich sind, wird erreicht, dass in geöffnetem Zustand, wenn das Ventilglied 44 mit seiner Dichtfläche 48 von dem den Ventilsitz  
20 bildenden Bohrungsabschnitt 42c abgehoben ist, der Bereich 52 des kleinsten Durchflussquerschnitts zwischen dem zylindrischen Abschnitt des Kopfs 46 des Ventilglieds 44 und dem Bohrungsabschnitt 42d vorhanden ist. In diesem Bereich 52 des geringsten Durchflussquerschnitts ist bei  
25 geöffnetem Einlassventil 30 die höchste Strömungsgeschwindigkeit vorhanden und damit ein geringer statischer Druck. Der Bereich 52 ist somit in Strömungsrichtung des Kraftstoffs vom Zulaufkanal 50 in den Pumpenarbeitsraum 24 stromabwärts nach der Dichtfläche 48  
30 des Ventilglieds 44 angeordnet. Im Bereich der Dichtfläche 48 des Ventilglieds 44 ist somit eine geringere Strömungsgeschwindigkeit vorhanden als im Bereich 52 und entsprechend ein relativ hoher statischer Druck. Dieser auf die Dichtfläche 48 des Ventilglieds 44 wirkende statische  
35 Druck erzeugt eine in Öffnungsrichtung auf das Ventilglied 44 wirkende Kraft und unterstützt somit die

Öffnungsbewegung des Ventilglieds 44 und die stabile Anordnung des Ventilglieds 44 in seinem geöffneten Zustand.

5 Beim Saughub des Pumpenkolbens 20 öffnet das Einlassventil 30, wenn die durch den im Kraftstoffzulauf 38 herrschenden Druck, der auf den innerhalb des Ventilsitzes 42c angeordneten Teil der Dichtfläche 48 des Ventilglieds 44 wirkt, in Öffnungsrichtung auf das Ventilglied 44 erzeugte Kraft größer ist als die Summe der durch den im  
10 Pumpenarbeitsraum 24 herrschenden Druck auf das Ventilglied 44 erzeugte Kraft und die durch die Schließfeder 43 erzeugten Kraft ist. Wenn das Ventilglied 44 mit seiner Dichtfläche 48 vom Ventilsitz 42c abgehoben ist, so ist die gesamte Dichtfläche 48 druckbeaufschlagt, wobei durch die  
15 Anordnung des Bereichs 52 mit dem kleinsten Durchflussquerschnitt stromabwärts nach der Dichtfläche 48 auf die Dichtfläche 48 ein relativ hoher statischer Druck wirkt, der das Ventilglied 44 in seinem geöffneten Zustand hält. Beim Förderhub des Pumpenkolbens 20 wird durch diesen  
20 im Pumpenarbeitsraum 24 ein erhöhter Druck erzeugt, durch den das Einlassventil 30 geschlossen wird.

In Figur 3 ist eine modifizierte Ausführung des Einlassventils 30 dargestellt, bei der der grundsätzliche  
25 Aufbau gleich ist wie bei der Ausführung gemäß Figur 2, jedoch das Ventilglied 44 modifiziert ist. Der Kopf 46 des Ventilglieds 44 weist dabei zu dessen dem Schaft 44a zugewandtem Ende hin einen im Durchmesser gegenüber dem übrigen Durchmesser des Kopfes 46 verringerten Bereich 47  
30 auf. Der im Durchmesser verringerte Bereich 47 des Kopfes 46 des Ventilglieds 44 ist derart angeordnet, dass dieser bei in seiner Schließstellung angeordnetem Ventilglied 44 dem Übergang zwischen der ersten Mantelfläche 42c und der zweiten Mantelfläche 42d des Ventilgehäuses 40  
35 gegenüberliegt. Durch die Durchmesserverringering im Bereich 47 wird eine Kollision des Kopfes 46 des



Ventilglieds 44 mit dem Ventilgehäuse 40 vermieden. Durch die Durchmesser verringering im Bereich 47 ist am Kopf 46 des Ventilglieds 44 an dessen Übergang zur Dichtfläche 48 ein Absatz gebildet. Der Übergang vom Bereich 47 zum übrigen Teil des Kopfes 46 des Ventilglieds 44 mit großem Durchmesser kann wie in Figur 3 dargestellt gerundet ausgebildet sein. Der Kopf 46 des Ventilglieds 44 kann wie in Figur 2 dargestellt etwa zylinderförmig ausgebildet sein oder wie in Figur 3 dargestellt etwa kegelstumpfförmig, wobei sich der Durchmesser des Kopfes 46 zum Pumpenarbeitsraum 24 hin vergrößert, wodurch die Umströmung des Kopfes 46 des Ventilglieds 44 verbessert wird.

Nachfolgend wird beispielhaft das Auslassventil 32 anhand der Figur 4 näher beschrieben. Das Auslassventil 32 ist beispielsweise in eine Bohrung 54 des Gehäuseteils 36 eingesetzt. In die Bohrung 54 mündet beispielsweise etwa radial zu deren Längsachse ein Kraftstoffablaufkanal 56, der mit dem Speicher 12 verbunden ist. Das Gehäuseteil 36 bildet ein Ventilgehäuse für das Auslassventil 32, wobei alternativ auch ein separates, in das Gehäuseteil 36 eingesetztes Ventilgehäuse für das Auslassventil 32 vorgesehen sein kann. Die Bohrung 54 im Gehäuseteil 36 ist im Durchmesser mehrfach gestuft ausgebildet und weist einen in den Pumpenarbeitsraum 24 mündenden Abschnitt 54a mit kleinem Durchmesser auf. An den Bohrungsabschnitt 54a schließt sich vom Pumpenarbeitsraum 24 weg ein weiterer Bohrungsabschnitt 54b an, dessen Durchmesser sich vom Pumpenarbeitsraum 24 weg vergrößert. Der Bohrungsabschnitt 54b ist vorzugsweise zumindest annähernd kegelstumpfförmig ausgebildet, kann jedoch alternativ auch eine konkav oder konvex gewölbte Mantelfläche aufweisen. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 54b verläuft unter einem Winkel  $\alpha$  geneigt zur Längsachse 55 der Bohrung 54. An den Bohrungsabschnitt 54b schließt sich vom Pumpenarbeitsraum 24 weg ein weiterer Bohrungsabschnitt 54c an, dessen

Durchmesser sich vom Pumpenarbeitsraum 24 weg vergrößert. Der Bohrungsabschnitt 54c ist vorzugsweise zumindest annähernd kegelstumpfförmig ausgebildet, kann jedoch alternativ auch eine konkav oder konvex gewölbte Mantelfläche aufweisen. Die Mantelfläche des Bohrungsabschnitts 54c verläuft unter einem Winkel  $\beta$  geneigt zur Längsachse 55 der Bohrung 54, wobei der Winkel  $\beta$  kleiner ist als der Winkel  $\alpha$ . An den Bohrungsabschnitt 54c kann sich ein weiterer Bohrungsabschnitt 54d mit konstantem Durchmesser anschließen, der bis zur Außenseite des Gehäuseteils 36 verläuft. In den Bohrungsabschnitt 54d ist von der Außenseite des Gehäuseteils 36 her ein Verschlusselement 58 eingesetzt, beispielsweise eingeschraubt.

Das Auslassventil 32 weist ein Ventilglied 60 auf, das zumindest annähernd kugelförmig ausgebildet ist. Es kann eine Schließfeder 62 vorgesehen sein, die zwischen dem Ventilglied 60 und dem Verschlusselement 58 eingespannt ist und durch die das Ventilglied 60 zum Pumpenarbeitsraum 24 hin gedrückt wird. Das Ventilglied 60 wirkt mit einer Dichtfläche 64, die durch einen Teil seiner Oberfläche gebildet ist, mit dem Bohrungsabschnitt 54b zusammen, der einen Ventilsitz für das Ventilglied 60 bildet. Bei geringem Druck im Pumpenarbeitsraum 24 wird das Ventilglied 60 durch die Schließfeder 62 mit seiner Dichtfläche 64 in Anlage am Ventilsitz 54b gehalten. Am Ventilglied 60 ist in geschlossenem Zustand nur ein relativ kleiner Teil der Oberfläche entsprechend etwa dem Durchmesser des Bohrungsabschnitts 54a von dem im Pumpenarbeitsraum 24 herrschenden Druck beaufschlagt. Wenn der Druck im Pumpenarbeitsraum 24 steigt, so öffnet das Auslassventil 32, da die durch den auf das Ventilglied 60 wirkenden Druck erzeugte Kraft in Öffnungsrichtung größer ist als die Kraft der Schließfeder 62.

Beim Öffnen des Auslassventils 32 wird zwischen der Dichtfläche 64 des Ventilglieds 60 und dem Ventilsitz 54b ein Durchflussquerschnitt freigegeben. Zwischen dem Umfang des Ventilglieds 60 und dem Bohrungsabschnitt 54c ist ebenfalls ein Bereich 66 mit einem freigegebenen Durchflussquerschnitt angeordnet, wobei der Durchflussquerschnitt bei geöffnetem Ventil im Bereich 66 kleiner ist als der zwischen der Dichtfläche 64 und dem Ventilsitz 54b freigegebene Durchflussquerschnitt. Eine Drosselung der Kraftstoffströmung bei der Durchströmung des geöffneten Auslassventils 32 erfolgt somit im Bereich 66 mit dem geringsten Durchflussquerschnitt und nicht im Bereich der Dichtfläche 64 des Ventilglieds 60. Im Bereich der Dichtfläche 64 des Ventilglieds 60 ist somit eine geringere Strömungsgeschwindigkeit vorhanden als im Bereich 66 des kleinsten Durchflussquerschnitts und daher ein höherer statischer Druck als im Bereich 66.

Beim Öffnen des Auslassventils 32, wenn dessen Ventilglied 60 mit seiner Dichtfläche 64 vom Ventilsitz 54b abhebt, wird die druckbeaufschlagte Oberfläche des Ventilglieds 60 vergrößert, da dann nicht mehr nur die innerhalb des Ventilsitzes 54b liegende Oberfläche druckbeaufschlagt ist sondern die größere Oberfläche mit zum Bereich 66 hin. Auf das Ventilglied 60 wirkt daher eine große Druckkraft in Öffnungsrichtung, die das Ventilglied 60 stabil in seinem geöffneten Zustand hält, auch wenn eine große Kraftstoffmenge mit hoher Strömungsgeschwindigkeit das Auslassventil 32 durchströmt. Mit zunehmendem Hub des Ventilglieds 60 in Öffnungsrichtung vergrößert sich sowohl der zwischen dessen Dichtfläche 64 und dem Ventilsitz 54b freigegebene Durchflussquerschnitt als auch der im Bereich 66 freigegebene Durchflussquerschnitt, wobei der im Bereich 66 freigegebene Durchflussquerschnitt stets kleiner ist als der zwischen der Dichtfläche 64 und dem Ventilsitz 54b freigegebene Durchflussquerschnitt. Der Winkel  $\alpha$ , unter dem

der Ventilsitz 54b zur Längsachse 55 der Bohrung 54 geneigt ist, kann groß gewählt werden, so dass der Ventilsitz 54b relativ flach ist und damit eine hohe Verschleißbeständigkeit aufweist.

5

Bei einer Hochdruckpumpe kann vorgesehen sein, dass nur das Einlassventil 30 wie vorstehend zu Figur 2 oder 3 beschrieben ausgebildet ist, während das Auslassventil 32 als einfaches Kugel- oder Kegelventil ausgebildet ist.

10

Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass bei einer Hochdruckpumpe nur das Auslassventil 32 wie vorstehend zu Figur 4 beschrieben ausgebildet ist, während das Einlassventil 30 als einfaches Kegelsitz- oder Kugelventil ausgebildet sein kann. Außerdem kann auch ein wie anhand

15

Figur 4 als Auslassventil beschriebenes Ventil mit einem kugelförmigen Ventilglied als Einlassventil an einer Hochdruckpumpe verwendet werden. Entsprechend kann auch ein

20

wie anhand Figur 2 oder 3 als Einlassventil beschriebenes Ventil mit einem Ventilglied mit kegelförmiger Dichtfläche als Auslassventil an einer Hochdruckpumpe verwendet werden. Vorzugsweise sind bei einer Hochdruckpumpe sowohl das Einlassventil 30 als auch das Auslassventil 32 wie vorstehend zu den Figuren 2 oder 3 und 4 beschrieben ausgebildet.

25

5

## Ansprüche

1. Hochdruckpumpe, insbesondere für eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung einer Brennkraftmaschine, mit wenigstens einem Pumpenelement (16), das einen in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben (20) aufweist, der einen Pumpenarbeitsraum (24) begrenzt, in den beim Saughub des Pumpenkolbens (20) über ein Einlassventil (30) Kraftstoff aus einem Kraftstoffzulauf (50) angesaugt wird und aus dem beim Förderhub des Pumpenkolbens (20) über ein Auslassventil (32) Kraftstoff in einen Hochdruckbereich (56;12) verdrängt wird, wobei das Einlassventil (30) und/oder das Auslassventil (32) ein Ventilglied (44;60) aufweist, das mit einer Dichtfläche (48;64) mit einem in einem Ventilgehäuse (40;36) angeordneten Ventilsitz (42c;54b) zusammenwirkt, wobei durch das Ventilglied (44;60) in geöffnetem Zustand, wenn dieses mit seiner Dichtfläche (48;64) vom Ventilsitz (42c;54b) abgehoben ist, zwischen dem Ventilglied (44;60) und dem Ventilgehäuse (40;36) ein Durchflussquerschnitt freigegeben wird, dadurch gekennzeichnet, dass in geöffnetem Zustand des Ventilglieds (44;60) ein Bereich (52;66) mit dem kleinsten Durchflussquerschnitt zwischen dem Ventilglied (44;60) und dem Ventilgehäuse (40;36) in Strömungsrichtung des das Ventil (30;32) durchströmenden Kraftstoffs stromabwärts nach der Dichtfläche (48;64) des Ventilglieds (44;60) angeordnet ist.

2. Hochdruckpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilgehäuse (40;36) eine erste zu ihrer Längsachse (45;55) geneigte, das Ventilglied (44;60)

umgebende Mantelfläche (42c;54b) aufweist, die den  
Ventilsitz bildet, und eine sich an die erste Mantelfläche  
(42c;54b) anschließende zweite zu ihrer Längsachse (45;55)  
geneigte, das Ventilglied (44;60) umgebende Mantelfläche  
5 (42d;54c) aufweist, dass der Neigungswinkel ( $\beta$ ) der zweiten  
Mantelfläche (42d;54c) bezüglich der Längsachse (45;55)  
geringer ist als der Neigungswinkel ( $\alpha$ ) der ersten  
Mantelfläche (42c;54b) und dass in geöffnetem Zustand des  
Ventilglieds (44;60) der Bereich (52;66) des kleinsten  
10 Durchflussquerschnitts zwischen dem Ventilglied (44;60) und  
der zweiten Mantelfläche (42d;54c) des Ventilgehäuses  
(40;36) angeordnet ist.

3. Hochdruckpumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die erste Mantelfläche (42c;54b) und/oder die zweite  
Mantelfläche (42d;54c) des Ventilgehäuses (40;36) zumindest  
annähernd kegelstumpfförmig ausgebildet ist.

4. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch  
20 gekennzeichnet, dass die Dichtfläche (48) des Ventilglieds  
(44) zumindest annähernd kegelstumpfförmig ausgebildet ist  
und vorzugsweise unter einem anderen Winkel ( $\gamma$ ) zur  
Längsachse (45) der ersten Mantelfläche (42c) geneigt ist  
als der Winkel ( $\alpha$ ), unter dem die erste Mantelfläche (42c)  
25 des Ventilgehäuses (40) zu ihrer Längsachse (45) geneigt  
ist.

5. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch  
gekennzeichnet, dass am Übergang zwischen der ersten  
30 Mantelfläche (42c) und der zweiten Mantelfläche (42d) des  
Ventilgehäuses (40) ein Freistich (42e) vorgesehen ist, der  
vorzugsweise eine zumindest annähernd parallel zur  
Längsachse (45) verlaufende Mantelfläche aufweist.

6. Hochdruckpumpe nach Anspruch 4 oder 5, dadurch  
35 gekennzeichnet, dass die Dichtfläche (48) am Ventilglied

(44) am Übergang zwischen einem Schaft (44a) des Ventilglieds (44) und einem im Querschnitt gegenüber dem Schaft (44a) vergrößerten Kopf (46) des Ventilglieds (44) angeordnet ist und dass am Kopf (46) des Ventilglieds (44) ein Bereich (47) mit gegenüber dem übrigen Querschnitt des Kopfes (46) verringertem Querschnitt vorgesehen ist, der dem Übergang zwischen der ersten Mantelfläche (42c) und der zweiten Mantelfläche (42d) im Ventilgehäuse (40) gegenüberliegt.

7. Hochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilglied (60) zumindest annähernd kugelförmig ausgebildet ist und dass die Dichtfläche (64) durch einen Bereich der Oberfläche des Ventilglieds (60) gebildet ist.

8. Hochdruckpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in geöffnetem Zustand des Ventilglieds (44;60) im Bereich von dessen Dichtfläche (48;64) ein höherer statischer Druck herrscht als im Bereich (52;66) des kleinsten Durchflussquerschnitts und dass durch den auf die Dichtfläche (48;64) wirkenden Druck eine Kraft in Öffnungsrichtung auf das Ventilglied (44;60) erzeugt wird.

5

## Zusammenfassung

10

15

20

25

30

Die Hochdruckpumpe weist wenigstens ein Pumpenelement (16) auf, mit einem in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben (20), der einen Pumpenarbeitsraum (24) begrenzt, in den beim Saughub des Pumpenkolbens (20) über ein Einlassventil (30) Kraftstoff aus einem Kraftstoffzulauf (50) angesaugt wird und aus dem beim Förderhub des Pumpenkolbens (20) über ein Auslassventil (32) Kraftstoff verdrängt wird. Das Einlassventil (30) weist ein Ventilglied (44) auf, das mit einer zu seiner Längsachse (45) geneigten Dichtfläche (48) mit einem in einem Ventilgehäuse (40) angeordneten Ventilsitz (42c) zusammenwirkt, wobei durch das Ventilglied (44) in geöffnetem Zustand, wenn dieses mit seiner Dichtfläche (48) vom Ventilsitz (42c) abgehoben ist, zwischen dem Ventilglied (44) und dem Ventilgehäuse (40) ein Durchflussquerschnitt zwischen dem Kraftstoffzulauf (50) und dem Pumpenarbeitsraum (24) freigegeben wird. In geöffnetem Zustand des Ventilglieds (44) ist ein Bereich (52) mit dem kleinsten Durchflussquerschnitt zwischen dem Ventilglied (44) und dem Ventilgehäuse (40) in Strömungsrichtung vom Kraftstoffzulauf (50) zum Pumpenarbeitsraum (24) stromabwärts nach der Dichtfläche (48) des Ventilglieds (44) angeordnet.





**Fig. 2**





